



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114382591 A

(43) 申请公布日 2022.04.22

(21) 申请号 202210077537.2

(22) 申请日 2022.01.24

(71) 申请人 中国民用航空飞行学院

地址 618307 四川省德阳市广汉市南昌路
四段46号

申请人 洛阳北郊机场有限责任公司

(72) 发明人 孟现召 张洪涛 付小蓉

(74) 专利代理机构 河南广文律师事务所 41124

代理人 王自刚

(51) Int. Cl.

F02B 77/04 (2006.01)

F02B 77/08 (2006.01)

F02D 41/30 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

一种抑制航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积的方法

(57) 摘要

本发明介绍了一种抑制航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积的方法,包括以排气温度为依据检测航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积状态检测;以摄氏温度为427℃做为航空活塞发动机上排气温度的理论最低控制温度,持续监控发动机各缸排气温度;发现排气温度低于427℃时,人工干预或ECU中内置附加专项监控和干预程序将发动机的油气混合比向贫油方向调整并配合适当增加发动机功率,保持发动机排气门温度不低于427℃的沉积阈值,及时消除气缸内抗爆产物的易于沉积状态。本发明能够有效发现航空活塞发动机运行中存在的气缸内抗爆产物沉积状态,减少航空活塞发动机气缸内抗爆产物的沉积量,提高了发动机的运行可靠性;不需要对发动机进行改装,不增加额外成本,使用方便。

1. 一种抑制航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积的方法,对于人工控制的航空活塞发动机,其特征是:包括如下步骤:

步骤一:以排气温度为依据检测航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积状态检测;

以摄氏温度为427°C做为航空活塞发动机上排气温度的理论最低控制温度,人工持续监控发动机各缸排气温度,当发现排气温度低于427°C的阈值时就判断为进入“气缸内抗爆产物易于沉积”的状态,并执行步骤二;

步骤二:发现排气温度低于427°C时,人工干预将发动机的油气混合比向贫油方向调整并配合适当增加发动机功率,保持发动机排气温度不低于427°C的沉积阈值,及时消除气缸内抗爆产物的易于沉积状态。

2. 一种抑制航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积的方法,对于ECU控制的航空活塞发动机,其特征是:包括如下步骤:

步骤一:以排气温度为依据检测航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积状态检测;

以摄氏温度为427°C做为航空活塞发动机上排气温度的理论最低控制温度,ECU持续监控发动机各缸排气温度,当发现排气温度低于427°C的阈值时就判断为进入“气缸内抗爆产物易于沉积”的状态,并执行步骤二;

步骤二:利用ECU控制模式对航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积物进行自动消除:

在采用ECU控制模式的航空活塞发动机上,通过ECU即电子控制单元控制喷油量的,实现排气温度不低于427°C,如果排气温度低于427°C,则自动调整喷油脉冲占空比减少供油使气缸内混合气向贫油方向转化并辅助自动改变发动机功率状态,提高排气温度,实现对航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积状态的实时检测和自动消除。

3. 根据权利要求1或者2任一项所述抑制航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积的方法,其特征是:所述的排气温度是指在发动机排气歧管中使用热电偶测量到的发动机工作过程中排出的废气的温度。

一种抑制航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积的方法

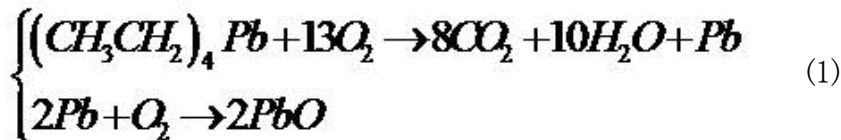
技术领域

[0001] 本发明涉及一种航空发动机技术,特别是一种抑制航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积的方法。

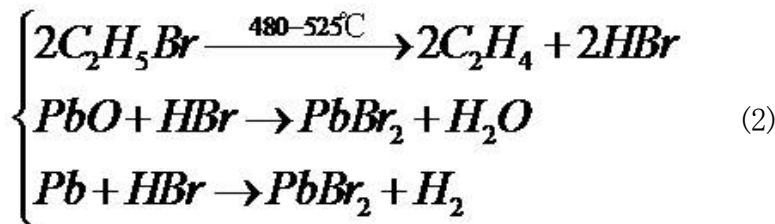
背景技术

[0002] 活塞发动机的爆震是能够对发动机造成严重损害的恶性故障,导致发动机连杆折断等发动机失效的故障屡见不鲜,而航空活塞发动机的空中失效又极易导致机毁人亡的严重事故,所以尽管在学术领域提出活塞发动机工作在接近爆震边界时能够提高热效率和经济性,但在航空器领域对航空活塞发动机的爆震则严防死守力求远离爆震边界以提高发动机的运行安全性。

[0003] 活塞发动机的爆震是个古老的课题,自活塞发动机的诞生开始工程领域就没有停止过对活塞发动机爆震的研究。其中在燃油中添加抗爆剂提高燃料辛烷值是最基本的经济方法。但抗爆剂完成抗爆使命后出现在气缸内沉积对发动机工作造成不良影响又是一个非常棘手的问题,所以又在燃油中按比例加入引出剂帮助抗爆产物排出气缸。目前航空活塞发动机使用的航空汽油中添加的抗爆剂是四乙基铅 $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_4\text{Pb}$,引出剂是溴乙烷 $(\text{C}_2\text{H}_5\text{Br})$ 。研究指出采用 $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_4\text{Pb}$ 作抗爆剂的航空汽油的抗爆机理为 $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_4\text{Pb}$ 燃烧后生成烟雾状的 PbO 和 Pb 颗粒参与焰前反应,降低缸内混合气中过氧化物浓度、延长着火诱导期,反应式为



为避免或降低 PbO 和 Pb 沉积对发动机造成影响,在燃油中又按比例加入排铅剂 $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ 与 PbO 或 Pb 反应生成熔点和沸点都很低的 PbBr_2 随废气排出,反应式为



式(1)的 $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_4\text{Pb}$ 分解在 200°C 开始出现,接近 300°C 时 $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_4\text{Pb}$ 分解产物充分参与焰前反应发挥抗爆作用,在 $500\sim 600^\circ\text{C}$ 时 $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_4\text{Pb}$ 分解趋于完全;式(2)的 $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ 分解在 $480\sim 525^\circ\text{C}$ 开始出现。两个反应式对温度的不同需求保证了抗爆和排铅两个反应发生的先后顺序。

[0004] 工程实践中某型以含铅航空汽油为燃料的航空活塞发动机在运行中出现了严重的排气门积铅现象,带来严重的气缸压缩性衰减、气门烧蚀等系列重大发动机疑难故障,缩短了发动机的使用寿命,带来一定的发动机运行安全性问题。而且气门积铅也是航空维修领域内长期难以解决的行业技术难题。

[0005] 基于环保因素,车用汽油已实现了无铅化,航空汽油的无铅化也成为环保因素下的发展趋势。但无铅化不都等于无抗爆剂化,无铅汽油中同样含有抗爆剂,只是将抗爆剂由铅基改换为非铅基而已,本质上的抗爆和产物引出机理是相同的,同样地采用金属氧化物微粒产生抗爆作用,也同样需要用引出剂将抗爆产物转化为低熔点金属盐排出气缸。所以在能够导致铅基抗爆产物沉积的条件下非铅基抗爆产物同样能够出现沉积,如果在目前的铅基抗爆剂基础上不能有效解决抗爆产物沉积的技术难题而只单纯将燃料更换为非铅基抗爆剂的无铅汽油,则出现同样的气缸内抗爆产物沉积的结果将不可避免。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是提供一种抑制航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积的方法,可以有效解决含铅汽油条件下航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积的行业技术难题,并引申至无铅汽油条件下解决气缸内抗爆产物沉积的技术问题。

[0007] 本发明的特点是不需要改变发动机任何原有硬件构型,也不需要投入额外成本去升级改良燃油品质,只需控制发动机运行中的排气温度不低于一定阈值即可实现有效抑制气缸内抗爆产物沉积的目的,避免了传统运行方式下因气缸内抗爆产物沉积而带来诸多发动机疑难故障的问题,提高了航空活塞发动机的运行安全性,并为以航空汽油为燃料的新型航空活塞发动机的燃油控制系统优化提供了参考。

[0008] 为了实现解决上述技术问题的目的,本发明采用了如下技术方案:

一种抑制航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积的方法,对于人工控制的航空活塞发动机,包括如下步骤:

步骤一:以排气温度为依据检测航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积状态检测;

以摄氏温度为427℃做为航空活塞发动机上排气温度的理论最低控制温度,持续监控发动机各缸排气温度,当发现排气温度低于427℃的阈值时就判断为进入“气缸内抗爆产物易于沉积”的状态,并执行步骤二;

步骤二:发现排气门温度低于427℃时,人工干预将发动机的油气混合比向贫油方向调整并配合适当增加发动机功率,保持发动机排气温度不低于427℃的沉积阈值,及时消除气缸内抗爆产物的易于沉积状态。

[0009] 一种抑制航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积的方法,对于ECU控制的航空活塞发动机,包括如下步骤:

步骤一:以排气温度为依据检测航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积状态检测;

以摄氏温度为427℃做为航空活塞发动机上排气温度的理论最低控制温度,持续监控发动机各缸排气温度,当发现排气温度低于427℃的阈值时就判断为进入“气缸内抗爆产物易于沉积”的状态,并执行步骤二。

[0010] 步骤二:利用ECU控制模式对航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积物进行自动消除:

ECU,即电子控制单元;

在采用ECU控制模式的航空活塞发动机上,通过ECU即电子控制单元控制喷油量的,实现排气温度不低于427℃,如果排气温度低于427℃,则自动调整喷油脉冲占空比减少供油使气缸内混合气向贫油方向转化并辅助自动改变发动机功率状态,提高排气温度,实

现对航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积状态的实时检测和自动消除。

[0011] 更具体的,所述的排气温度是指在发动机排气歧管中使用热电偶测量到的发动机工作过程中排出的废气的温度。

[0012] 该技术方案的原理为:

(一)、选择排气温度为依据检测航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积状态检测的原理:

对含铅汽油条件下航空活塞发动机气缸内抗爆沉积物的成分分析和抗爆沉积物沉积机理的研究表明沉积物的主要成分为 $PbBr_2$,当气缸内部件的表面温度高于 $PbBr_2$ 熔点 $373^{\circ}C$ 时, $PbBr_2$ 接触到这些炽热的部件表面后以液态存在,将会在排气行程被高速排气流吹离部件表面并随排气流排出气缸;而如果气缸内温度较低部件的表面温度低于 $PbBr_2$ 熔点 $373^{\circ}C$ 时, $PbBr_2$ 将能够以固态形式沉积附着在这些部件表面。所以 $PbBr_2$ 倾向于沉积在表面温度更低的部件表面上,但缸内部件的表面温度是实时变化的,取决于加热与散热的平衡,与发动机的构型设计以及发动机运行功率状态密切相关。运行实践中排气门头上出现的沉积物较多,排气门上出现沉积物后造成气门/气门座之间密封不严引起气缸压缩性衰减,以及排气门散热不良引起排气门烧蚀等系列故障,所以排气门上的沉积物是重点研究解决对象。

[0013] 为了使 $PbBr_2$ 不容易在排气门上沉积附着,就必须保证排气门温度高于 $PbBr_2$ 的熔点 $373^{\circ}C$;资料显示排气门周向温度分布不均,最大周向温差可达 $50^{\circ}C$,所以应保证排气门上最低温度点的局部温度不低于 $373^{\circ}C$ 。由此可得到排气门理论最低控制温度为 $373+50=423^{\circ}C$ 。考虑当前航空领域内活塞发动机以国外进口为主,这些发动机上温度指示多采用华氏温标,将理论沉积阈值 $423^{\circ}C$ 转换为华氏温标为 $793.7^{\circ}F$,并考虑工程实践中的使用便利因素,将华氏温标的 $793.7^{\circ}F$ 再向上取整为 $800^{\circ}F$,对应的摄氏温度为 $427^{\circ}C$,以此作为航空活塞发动机上排气门的理论最低控制温度。

[0014] 排气门等缸内部件的表面温度难以实时探测。但缸内部件的表面温度与这些部件受到缸内燃气的加热作用有关,而排气门温度与缸内燃气膨胀之末的废气初温有关,故可以以排气温度为参考量来定性判断排气门等缸内部件的表面温度。工程实践中以某型航空活塞发动机为例分别在排气歧管和排气门盘边缘安装测温热电偶来对排气门进行测温试验,结果显示在该型发动机 $800rpm$ 的正常地面慢车状态下排气门实际温度略高于排气温度且两者相差不大,在低于正常地面慢车转速状态下排气门温度低于排气温度,而且转速越低二者差值越大,所以基本上可以近视认为在正常地面慢车状态时排气门温度与排气温度在数值上是相等的,而且当发动机转速大于 $800rpm$ 后排气门温度均大于 $427^{\circ}C$ ($800^{\circ}F$),这表明在正常地面慢车状态时发动机缸内部件温度能够保证处于不出现抗爆产物沉积的水平,如此就可将排气温度 $427^{\circ}C$ 确定为该型发动机的排气门沉积阈值。在工程实践中按此阈值执行“基于排气温度监测的航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积状态检测”,方法就是持续监控发动机各缸排气温度,当发现排气温度低于 $427^{\circ}C$ ($800^{\circ}F$)的阈值时就判断为进入“气缸内抗爆产物易于沉积”的状态,并进行控制。

[0015] (二)、发动机排气温度控制原理:

在工程实践中航空活塞发动机多与航空螺旋桨一起组成“活塞-螺旋桨”式动力装置,在空中慢车状态下螺旋桨处于风车状态,转速高于发动机地面慢车状态对应的螺旋桨

转速,发动机在处于风车状态的螺旋桨的驱动下处于大转速小进气压力状态,气缸内油气混合气向偏富油方向转化,排气温度与地面慢车状态相比明显偏低,表明该状态下缸内燃气对缸内部件加热不足。

[0016] 工程实践中实际运行数据表明航空活塞发动机在地面正常慢车状态下排气门温度能够满足不低于427℃(800°F)的阈值要求。空中慢车状态排气温度明显低于沉积阈值表明运行实践中出现的抗爆产物沉积发生在空中慢车阶段。为了避免气缸内抗爆产物的沉积应在航空活塞发动机运行实践中实时监控发动机排气温度,发现排气温度低于427℃(800°F)的沉积阈值时,利用人工干预手段或在ECU中加入自动干预程序将发动机油气混合比向贫油方向调整并配合适当增加发动机功率,保持发动机排气温度不低于427℃(800°F),及时消除气缸内抗爆产物的易于沉积状态。

[0017] (三)使用方法:

工程实践中任何运行状态下应保证发动机排气温度不低于沉积阈值427℃(800°F)。为保证实现该要求,使用方法的步骤可以包括:

1.地面运行状态时地面慢车转速标准值的设定

在设置发动机地面慢车转速的时候应将发动机排气温度列为重要的考虑因素,经过在实际发动机上测试,需保证在最终设置的地面慢车转速状态下发动机各气缸排气温度均不低于427℃(800°F)的沉积阈值,否则应提高发动机地面慢车转速设定值直至满足本要求。

[0018] 2.空中运行状态对发动机排气温度的持续监控

空中慢车时发动机处于大转速小进气压力状态,气缸内混合气存在偏富油倾向,排气温度明显低于427℃(800°F)的沉积阈值,故空中运行状态应持续监控发动机排气温度不低于沉积阈值,否则应介入人工干预把混合比向贫油方向调整并配合适当增加功率使排气门温度不低于沉积阈值,以减少气缸抗爆产物的沉积。

[0019] 3.ECU控制模式中基于沉积阈值的喷油控制策略优化

在采用ECU控制模式的航空活塞发动机上,通过优化喷油策略实现ECU在控制发动机运行的过程中实时监控排气温度不低于427℃(800°F)的沉积阈值,否则自动调整喷油脉冲占空比减少供油使气缸内混合气向贫油方向转化并辅助自动改变发动机功率状态,在减轻人工操作强度的同时实现对航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积状态的实时检测和自动消除。

[0020] 通过采用上述技术方案,本发明具有以下有益效果:

1、能够有效发现航空活塞发动机运行中存在的气缸内抗爆产物沉积状态;

现有技术中,行业领域内对航空活塞发动机运行中存在的气缸内抗爆产物沉积状态缺乏判断阈值和检出手段,对预防气缸内抗爆产物的沉积缺乏有效方法。

[0021] 本发明公布方法能够有效解决当前行业领域内针对航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积进行先期发现和有效检出的行业技术难题,使有的放矢、及时介入干预手段、彻底解决航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积这一行业技术难题成为可能。

[0022] 2、有效减少了航空活塞发动机气缸内抗爆产物的沉积量,提高了发动机的运行可靠性;

现有技术中,行业领域内对减少航空活塞发动机运行中气缸内抗爆产物沉积量缺

乏有效手段,难以有效解决气缸内抗爆产物沉积的行业技术难题。

[0023] 本发明的技术方案能够有效减少气缸内抗爆产物的沉积量,达到了提高发动机运行可靠性的目的。

[0024] 3、不需要对发动机进行改装,不增加额外成本,使用方便;如果将来航空活塞发动机更换为无铅航空汽油燃料,则解决气缸内抗爆产物沉积的方法相同。

具体实施方式

[0025] 下面结合实施例对本专利进一步解释说明。但本专利的保护范围不限于具体的实施方式。

[0026] 实施例1

一种抑制航空活塞发动机气缸内抗爆产物沉积的方法,过程如下:

1. 对对象发动机进行气门测温试验,步骤如下:

1) 在对象发动机排气门盘上靠近气门密封面位置安装测温热电偶;

2) 在对象发动机安装排气门测温热电偶的气缸排气通道侧壁钻孔,将热电偶引线从孔中引出;

3) 对对象发动机进行地面试车,在该型发动机正常地面慢车状态记录测温数据,实测数据为发动机转速798rpm,排气温度402℃,排气门温度419℃;以此为分界点,发动机实际转速降低排气温度和排气门温度均降低,且转速越低排气门温度低于排气温度的差值越大;发动机实际转速高于800rpm后排气温度和排气门温度均升高,逐渐地在中等功率以上排气门温度高于排气温度约100℃。

[0027] 实测数据表明地面正常慢车状态下排气温度与排气门温度基本相等,可以用排气温度对排气门温度进行等效替代。

[0028] 2. 以排气温度427℃的沉积阈值为标准提高地面慢车转速标准值至850rpm。

[0029] 3. 空中飞行中监控发动机排气温度低于沉积阈值时介入人工干预将混合比向贫油方向调整。

[0030] 飞行中观察空中慢车时发动机排气温度为198-202℃不等,发动机存在轻微抖动现象,表明气缸内混合气处于过富油状态;介入人工干预把混合比向贫油方向调整,使发动机排气温度上升至427℃以上,发动机工作平稳。

[0031] 4. 运行实践中定期与采用传统运行方式的对比例进行对比。

[0032] 运行50飞行小时后使用内窥设备对气缸内排气门上沉积物沉积情况进行目视检查,结果显示排气门上基本没有沉积物附着,与采用传统方法运行的对比例相比情况明显改善。